Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 1, Spring 2024, p. 147-164

Effect of Foliar Application of Different Sources of Nano-Chelate Fertilizer (Nitrogen and Potassium) and Chemical Fertilizers (Urea and Potassium Nitrate) on Yield and Oil's Quantity Attributes of Olive Tree cv. Zard

Z. Rohi Vishekaii[1]*, A. Soleimani[2], M. Ghasemnezhad[3], A. Hasani[4]

1- Researcher, Guilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Rasht, Iran
(*- Corresponding Author Email: zohre_rohi@yahoo.com)
2- Professor, Department of Horticultural Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran
3- Professor, Department of Horticultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran
4- Professor, Department of Soil Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: 13-03-2023 Revised: 26-12-2023 Accepted: 30-12-2023 Available Online: 20-03-2024	**How to cite this article:** Rohi Vishekaiia, Z., Soleimani, A., Ghasemnezhad, M., & Hasani, A. (2024). Effect of foliar application of different sources of nano-chelate fertilizer (nitrogen and potassium) and chemical fertilizers (urea and potassium nitrate) on yield and oil's quantity attributes of olive tree cv. Zard. *Journal of Horticultural Science, 38*(1), 147-164. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2023.81601.1246

Introduction

Olive tree, with a thousand years of cultivation history, is one of the most important horticultural crops in Iran and has always played an important economical role for orchardists. In olive orchards traits such as an increased formation of incomplete flowers, low yield of fruits and oil are often found as major problems. It should be noted that these traits are affected by numerous environmental and management factors from which the nutrition status is one of the most important ones. Proper nutrition plays an important role in both olive fruit and oil yield. There is a wide range of fertilizer compounds with different formulas and efficiencies available in the world market, among which nano-products are becoming increasingly popular. However, there is limited information on their efficacy in different plant species.

Materials and Methods

In order to evaluate the impact of fertilizers on olive cultivation, a research was conducted during two successive years from 2019 to 2020 in a commercial orchard on 15 year old olive tree cv. 'Zard', in Manjil city of Guilan province. Foliar application included five treatments using two types of fertilizers; nano (nano-chelated nitrogen and potassium: nano-NK) and chemical fertilizers (urea and potassium nitrate; NK). Treatments involved application of two concentrations from each fertilizers sources; 1.02g and 0.81g (nano-N_1K_1 and N_1K_1), 1.36 g and 1.08 g (nano-N_2K_2 and N_2K_2) of pure nitrogen and potassium, respectively. Foliar application was conducted in four stages bud-swelling, before blooming, pit hardening and shortly after harvest of table olive. Spraying with water was considered as the control. The nano-chelated fertilizers were obtained from Khazra Company, Teheran, Iran (http://en.khazra.ir). Spraying with water was considered as control. The experiment was performed in a randomized block design with three replications. The measurement of leaf nutrient status and its chlorophyll and carbohydrate contents were carried out at two times each growing season; in August (during pit hardening stage) and October (shortly after the harvest of table olive). At the green ripening stage, fruits were collected and weighted to determine fruit yield. At the end of the experiment quantity and quality traits of oil were measured.

Results and Discussion

https://doi.org/10.22067/jhs.2023.81601.1246

The results showed that the trees under N_2K_2 treatment had the highest yield. In terms of mineral content, both forms of fertilizers increased the concentration of nitrogen and potassium leaf elements compared to the control trees. Chlorophyll content was affected by nano-N_1K_1 foliar application and carbohydrate content was affected by nano-N_1K_1 in the pit hardening stage and nano-N_2K_2 in shortly after the harvest of table olive. Nano-N_1K_1 treatment with the lower crop load not only increased oil content but also improved quality characteristics of olive oil (free fatty acids, peroxide value, specific ultraviolet absorbance K_{232}, K_{270} and contents of pigments), total phenol content, antioxidant capacity and fatty acid composition. Generally, the results showed that olive trees responded well to fertilizer feeding. These trees produced better crop and higher quality oil in comparison with control trees. According to the results, fruit yield is better under urea and potassium nitrate treatment, and the quality of olive oil is more stable after nano-chelated nitrogen and potassium foliar application. It seems that the reason for the high amount of fruit yield with N_2K_2 in comparison to the slow-release property of nano-fertilizers is that using nitrogen and potassium in the form of ordinary chemical fertilizer regulates the biosynthesis, conversion and rapid translocation of assimilates and mineral elements into reproductive structures, which resulted in soaring yield. We assumed that nano-N_1K_1 foliar spray in the pit hardening stage and shortly after the fruit harvest for table olive might export the assimilation into the fruit to fulfill cell metabolism requirements for oil synthesis.

Conclusion

The current findings indicated that two of four treatments, i.e. nano-N_1K_1 and N_2K_2, could be more effective on olive trees in terms of general fruit and oil attributes. It was remarkable that nano treatment with a lower concentration could provide adequate beneficial effects on quality characteristics of olive oil and is in line with good management strategies regarding the preservation of the environment. To the best of our knowledge, the current work is the first report considering the application of nano-chelated nitrogen and potassium and their is use as a foliar application on olive trees. Additional studies would be necessary to further optimize the concentration and timing of the applications with these new formulations.

Keywords: Antioxidant capacity, Fatty acid profile, Foliar fertilizer, Olive

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸، شماره ۱، بهار ۱٤۰۳، ص. ١٦٤-١٤٧

تأثیر کاربرد برگی منابع مختلف کودی نانو کلات (نیتروژن و پتاسیم) و کودهای شیمیایی (اوره و نیترات پتاسیم) بر عملکرد و خواص کیفی روغن زیتون رقم 'زرد'

زهره روحی ویشکائی[1*] - علی سلیمانی[2] - محمود قاسم نژاد[3] - اکبر حسنی[4]
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۹

چکیده

محدوده وسیعی از ترکیبات کودی با فرمول‌ها و کارایی‌های مختلف در بازارهای جهانی موجود می‌باشد. علاوه بر کودهای شیمیایی مرسوم، کودهای کمپلکس شده آلی در ابعاد نانو به‌عنوان یک نوآوری در بخش تغذیه کشاورزی محسوب می‌شوند. بنابراین، برای ارزیابی تأثیر چنین کودهایی در کشت و کار زیتون پژوهشی طی دو سال متوالی ۱۳۹۸ تا ۱۳۹۹ در یک باغ تجاری انجام گرفت. تیمارهای تغذیه شامل پنج تیمار از ترکیب عناصر نیتروژن و پتاسیم با دو منبع کودی نانو کود (نانو کود کلات نیتروژن و نانو کود کلات پتاسیم nano-NK) و کود شیمیایی (اوره و نیترات پتاسیم NK) بود. مقدار کود استفاده شده از هر دو منبع شامل دو سطح از غلظت‌های ۱/۰۲ و ۰/۸۱ گرم در لیتر (N_1K_1 و $nano\text{-}N_1K_1$) و ۱/۳۶ و ۱/۰۸ گرم در لیتر (N_2K_2 و $nano\text{-}N_2K_2$) به‌ترتیب نیتروژن و پتاسیم خالص بود که در چهار مرحله تورم جوانه، قبل از شکوفایی گل‌آذین، سخت شدن هسته میوه و بعد از برداشت کنسروی میوه روی درختان محلول‌پاشی برگی شد. درختان شاهد در همان مراحل زمانی با آب محلول‌پاشی شدند. نتایج نشان داد که درختان تحت تیمار N_2K_2 دارای بالاترین عملکرد (۳۶/۴۳ کیلوگرم) بودند. از نظر محتوای عناصر معدنی هر دو فرم کاربردی کود منجر به افزایش غلظت عناصر نیتروژن و پتاسیم برگ در دو زمان اندازه‌گیری یعنی مراحل سخت شدن هسته میوه و بعد از برداشت کنسروی میوه در مقایسه با درختان شاهد شدند. بیشترین مقدار کلروفیل برگ مربوط به تیمار $nano\text{-}N_1K_1$ با میانگین به‌ترتیب ۲/۶۰ و ۲/۴۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در دو زمان اندازه‌گیری بود. تیمار $nano\text{-}N_1K_1$ در مرحله سخت شدن هسته میوه و تیمار $nano\text{-}N_2K_2$ در مرحله بعد از برداشت کنسروی میوه باعث افزایش مقدار کربوهیدرات برگ به‌ترتیب ۱/۳۹ و ۱/۴۸ برابر بالاتر از تیمار شاهد شد. تیمار $nano\text{-}N_1K_1$ با وجود عملکرد کمتر، نه تنها باعث افزایش درصد روغن شد بلکه منجر به بهبود خصوصیات کیفی روغن (اسیدچرب آزاد، ارزش پراکسید، شاخص‌های K_{232}، K_{270} و رنگیزه‌های روغن)، محتوای فنل کل، آنتی‌اکسیدان و پروفایل اسید چرب نیز گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده، در مجموع عملکرد میوه تحت تأثیر تیمار کودهای اوره و نیترات پتاسیم در غلظت بالاتر و ویژگی‌های کیفی روغن زیتون متأثر از تیمار با غلظت پائین‌تر نانو کلات قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: پروفایل اسید چرب، تغذیه برگی، زیتون، ظرفیت آنتی‌اکسیدان

مقدمه

زیتون با نام علمی (*Olea europaea* L.)، متعلق به خانواده Oleaceae، یک گیاه همیشه سبز با اهمیت اقتصادی و سابقه کشت هزار ساله در مناطق مدیترانه‌ای و ایران می‌باشد (Saadati *et al.*, 2013). علاوه بر میوه از روغن عالی آن، که دارای اثرات سلامتی بخش، ارزش تغذیه‌ای و دارویی بالایی می‌باشد، نیز برای تغذیه استفاده می‌شود. پایداری اکسیداتیو بالای روغن زیتون به‌علت میزان زیاد

۱- محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، رشت، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: zohre_rohi@yahoo.com)
۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۳- استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۴- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

https://doi.org/10.22067/jhs.2023.81601.1246

اسیدهای چرب تک غیر اشباع به‌خصوص اولئیک اسید و نیز آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی از جمله فنل‌ها، توکوفرول‌ها و سطح پایین اسیدهای چرب آزاد، رنگدانه‌ها و هیدروکربن‌ها می‌باشد (Owen, 2000; Carrasco-Pancorbo *et al*., 2005).

تغذیه‌ی بهینه از جمله مهمترین عوامل مؤثر بر افزایش تولید در واحد سطح و مؤثر بر فرآیندهای متابولیکی درونی در سیستم‌های بیولوژیکی می‌باشد (Başar & Gürel, 2016) براساس مطالعات صورت گرفته نیتروژن و پتاسیم از جمله عناصر غذایی هستند که بر عملکرد و کیفیت محصول درختان از جمله زیتون تأثیر می‌گذارند (Abbasi *et al*., 2012). نیتروژن مورد نیاز برای سنتز رنگیزه کلروفیل بوده و جزیی از ساختار پروتئین و اسیدهای نوکلئیک می‌باشد و همچنین نقش مهمی در افزایش عملکرد و کیفیت میوه دارد، به‌طوری‌که کمبود آن بیش از سایر عناصر غذایی منجر به محدودیت رشد اندام‌های گیاهی شامل ریشه، ساقه، برگ، گل و میوه و در نهایت کاهش عملکرد می‌شود (Barker & Pilbeam, 2007). پتاسیم نیز به‌عنوان کوفاکتور برای فعالیت اکثر آنزیم‌ها، در تنظیم pH و غلظت شیره سیتوپلاسم و نیز باز و بسته شدن روزنه‌ها نقش دارد (Thanaa *et al*., 2017).

کودهای شیمیایی نقش اساسی را در افزایش تولید محصولات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه جهان بر عهده دارند. این در حالی است که مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی منجر به آلودگی منابع آب و خاک خواهد شد. نانوکودها مؤثرترین و درعین حال ساده‌ترین شیوه به‌منظور کاهش تلفات عناصر غذایی و افزایش کارایی مصرف کودها می‌باشند (Rashidi, 2012). کاربرد نانوکودها به منظور کنترل دقیق آزادسازی عناصر غذایی می‌تواند گامی مؤثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط‌زیست باشد (Scott and Chen, 2003; Naderi *et al*., 2011). فناوری نانو دارای پتانسیل کافی جهت ارائه راه حل‌هایی برای مشکلات اساسی کشاورزی ناشی از مصرف کودهای مرسوم می‌باشد و چشم اندازهای روشنی برای تأثیر بر بهره‌وری کشاورزی از طریق استفاده از فناوری نانو وجود دارد، در طی سال‌های گذشته کاربرد نانوکودها در حال گذار از مرحله آزمایشی به مرحله عملیاتی است (Baruah & Dutta, 2009; Mastronardi *et al*., 2015).

در بین روش‌های مختلفی که برای کاربرد عناصر وجود دارد محلول‌پاشی برگی به‌دلیل مصرف کمتر عناصر، توزیع یکنواخت و سرعت جذب مناسب می‌باشد (Inglese *et al*., 2002). گزارش شده است محلول‌پاشی برگی نیتروژن منجر به اثرات مثبت بر عملکرد و کیفیت میوه زیتون شد (Abd El Migeed *et al*., 2017) همچنین گزارش شده است محلول‌پاشی پتاسیم منجر به بهبود عملکرد درختان زیتون و پسته گردید (Ramezani & Shekafandeh, 2011; Norozi *et al*., 2019). بعلاوه کاربرد ترکیبی نیتروژن و پتاسیم منجر به افزایش عملکرد بذر و روغن در زیره سیاه شد (Aytac *et al*., 2017).

اطلاعات و پژوهش‌های کمی در خصوص تأثیرات نانو کود در مقایسه با کودهای مرسوم در گونه‌های مختلف گیاهی گزارش شده است. با این‌وجود به نقش محلول‌پاشی درختان انار با نانو کودهایی همچون نیتروژن، بور و کلسیم و اثرات مثبت آن در افزایش عملکرد، افزایش مواد جامد محلول، کیفیت میوه و غلظت عناصر برگی اشاره شده است (Davarpanah *et al*., 2016, 2017 and 2018). مطالعه‌ای مشابه بر درختان خرما نشان داد کاربرد نانو پتاسیم منجر به افزایش عملکرد و کیفیت میوه در مقایسه با کود سولفات پتاسیم گردید (El-Salhy *et al*., 2021). بعلاوه محلول‌پاشی برگی درختان زیتون با نانو کلات نیتروژن و بور منجر به افزایش عملکرد و درصد روغن گردید (Rohi Vishekaii *et al*., 2019a, 2019b and 2021). گزارش شده است کاربرد کود پتاسیم به فرم نیترات پتاسیم در درختان زیتون منجر به افزایش عملکرد و کاربرد نانو کلات پتاسیم منجر به بهبود مشخصات کیفی روغن گردید (Rohi Vishekaii *et al*., 2022).

علی‌رغم مطالعه اثرات جداگانه کودهای مرسوم با نانو کود نیتروژن و پتاسیم روی درختان زیتون، اثر متقابل آن‌ها بررسی نشده است. بنابراین به کمک مطالعه اخیر اثرات محلول‌پاشی نیتروژن و پتاسیم از دو منبع کودی با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف آن‌ها بر عملکرد میوه و خواص کیفی روغن زیتون رقم زرد مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

محل آزمایش، مواد گیاهی و تیمارها

این پژوهش در طی دو سال (۱۳۹۸ و ۱۳۹۹) در باغ بعثت واقع در شمال ایران شهر منجیل (°۳۶ '۴۴ شمالی °۴۹ '۲۵ شرقی و با ۳۹۶ متر ارتفاع از سطح دریا) در استان گیلان روی درختان ۱۵ ساله زیتون رقم 'زرد' با فاصله کشت ۸×۶ متر اجرا شد. در انتخاب درختان سعی شد که همگی آن‌ها از نظر ارتفاع، سن، قطر، شرایط تغذیه و میزان آبیاری یکنواخت باشند. عملیات داشت شامل آبیاری (روش قطره‌ای)، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در طول مدت پژوهش برای تمامی تیمارها به‌طور یکسان انجام شد. قبل از شروع آزمایش بررسی وضعیت تغذیه‌ای باغ زیتون مورد نظر با استفاده از روش‌های آنالیز آب، تجزیه خاک (از دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری) و ارزیابی محتوای مواد معدنی آن انجام شد (جداول ۱ و ۲).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باغ محل آزمایش

Table 1- The soil physicochemical properties of experimental orchard

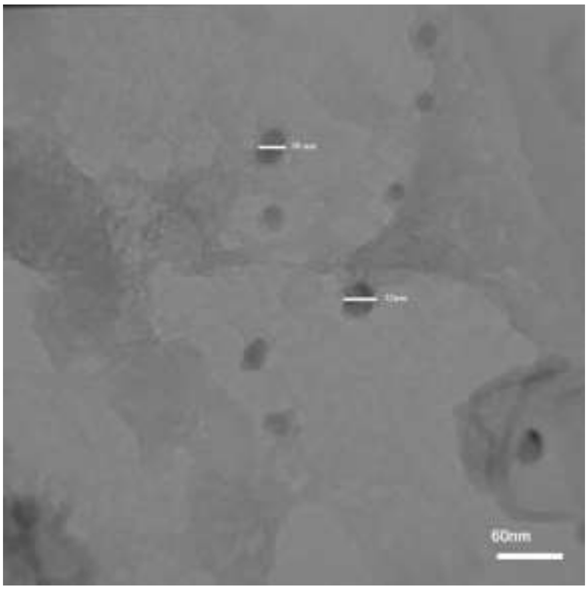
عمق خاک Soil depth (Cm)	بافت خاک Soil texture	pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	ماده آلی Organic Matter (%)	نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر Phosphorus (ppm)	پتاسیم Potassium (ppm)
0-30	لوم رسی Clay loam	7.12	2.55	1.29	0.11	15.8	105
30-60	لوم رسی Clay loam	7.16	1.78	1.48	0.14	18.50	130

جدول ۲- ویژگی‌های بیوشیمیایی آب آبیاری باغ محل آزمایش

Table 2- The biochemical properties of Irrigation water in the experimental orchard

نمونه آب چاه Sample well water	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS.m^{-1})	pH	کربنات Carbonate (mEq.l^{-1})	بی‌کربنات Bicarbonate (mEq.$^{l-1}$)
باغ بعثت Besat garden	1.03	7.39	0.4	3.4

تیمارهای تغذیه شامل پنج تیمار از ترکیب عناصر نیتروژن و پتاسیم با دو منبع کودی نانو کود (نانو کود کلات نیتروژن و نانو کود کلات پتاسیم (nano-NK) و کود شیمیایی (اوره و نیترات پتاسیم NK) بود. مقدارکود استفاده شده از هر دو منبع شامل دو سطح از غلظت‌های ۱/۰۲ و ۰/۸۱ گرم در لیتر (N_1K_1 و $nano\text{-}N_1K_1$) و ۱/۳۶ و ۱/۰۸ گرم در لیتر (N_2K_2 و $nano\text{-}N_2K_2$) به‌ترتیب نیتروژن و پتاسیم خالص بود که در چهار مرحله تورم جوانه، قبل از شکوفایی گل‌آذین، سخت شدن هسته میوه و بعد از برداشت کنسروی میوه روی درختان محلول‌پاشی برگی شد. درختان شاهد در همان مراحل زمانی با آب محلول‌پاشی شدند. کود شیمیایی اوره با ۴۶ درصد نیتروژن دارای فرمول شیمیایی NH_2CONH_2، کود شیمیایی نیترات‌پتاسیم با ۴۴ درصد پتاسیم دارای فرمول شیمیایی KNO_3، کود نیتروژن و پتاسیم کمپلکس شده در ابعاد نانو به‌ترتیب با ۱۷درصد نیتروژن و با ۲۷ درصد پتاسیم تولیدی از شرکت دانش بنیان صدور احرار شرق (خضراء) با پتنت US 8288587 B_2 تهیه شد (Nazaran, 2012). توزیع ذرات میکروگراف میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نشان می‌دهد که محصول حاوی نانوکلات همگن می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- میکروگراف میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) از نانو کلات استفاده شده در مطالعه حاضر

Figure 1- Transmission electron microscopy (TEM) micrograph of nano chelated applied in the current study

اندازه‌گیری صفات

برای اندازه‌گیری عناصر معدنی، کلروفیل و کربوهیدرات محلول، نمونه‌های برگ در دو زمان سخت شدن هسته (مرداد ماه) و بعد از برداشت میوه کنسروی (مهر ماه) تهیه شد. میزان عنصر نیتروژن به روش تقطیر و تیتراسیون در دستگاه کجلدال و اندازه‌گیری پتاسیم برگ با استفاده از دستگاه شعله‌سنج انجام شد (Walinga *et al.*, 1989). کلروفیل برگ با استفاده از اسپکتروفتومتر (PG Instrument +80, Leicester, United Kingdom) در طول موج‌های ۶۴۷ و ۶۶۴ نانومتر (Arnon, 1949) و کربوهیدرات محلول با استفاده از معرف آنترون و دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر (Irigoyen *et al.*, 1992) اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین عملکرد، میوه‌ها از درختان هر تیمار برداشت، وزن و به‌عنوان عملکرد (کیلوگرم هر درخت) لحاظ گردید (Shereen *et al.*, 2011). ابتدا از هر تکرار ۵۰ گرم خمیر میوه برداشته و در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت خشک گردید. خمیر خشک شده با استفاده از هاون به پودر یکنواختی تبدیل شد و سپس درصد روغن با استفاده از دستگاه سوکسله و توسط حلال استون اندازه‌گیری شد (Avidan *et al.*, 1997). اسید چرب آزاد روغن به روش تیتراسیون با سود تیترازول ۰/۱ نرمال، ارزش پراکسید به روش تیتراسیون با محلول ۰/۱ نرمال سدیم تیوسولفات و شاخص‌های K_{232}، K_{270} با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در دو طول موج ۲۳۲ و ۲۷۰ نانومتر منطبق بر قوانین اتحادیه اروپا (EEC, 1991) اندازه‌گیری شد، میزان کلروفیل و کارتنوئید کل روغن با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر به‌ترتیب در دو طول موج ۶۷۰ و ۴۷۰ نانومتر توسط روش مینگوئز–مسکورا و همکاران (Minguez-Mosquera *et al.*, 1991)، تعیین شد. تعیین فنل کل به روش فولین سیکالچو با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Singleton and Rossi, 1965)، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی عصاره‌ها از طریق ویژگی مهارکنندگی رادیکال آزاد ۲ و۲ دی فنیل ۱–پیکریل هیدرازیل (DPPH) با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر به روش دو و همکاران (Du *et al.*, 2009) اندازه‌گیری شد. پروفایل اسید چرب روغن با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (7890 A, Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA) تعیین شد (Abbasi *et al.*, 2008).

طرح آزمایشی و آنالیز داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در قالب آزمایش تجزیه مرکب در پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار و در طی دو سال انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسهٔ میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عناصر معدنی در برگ

وضعیت عناصر معدنی (درصد نیتروژن و پتاسیم) از هر تیمار در دو مرحله اندازه‌گیری شامل (مرحله سخت شدن هسته و بعد از برداشت میوه کنسروی) در جدول ۳ (A, B) نشان داده شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در مرحله اول اندازه‌گیری مصادف با زمان سخت شدن هسته بیشترین میزان عناصر نیتروژن و پتاسیم برگ در تیمارهای nano-N_1K_1 و N_2K_2 مشاهده شد، در مرحله بعد از برداشت میوه کنسروی تیمار شاهد کمترین مقدار نیتروژن برگ را نشان داد، اما بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. مقدار پتاسیم برگ در مرحله بعد از برداشت میوه کنسروی به‌طور معنی‌داری تحت تیمار nano- N_2K_2 قرار گرفت. با این وجود اختلاف معنی‌داری با تیمار N_2K_2 مشاهده نشد.

از آنجاکه برگ اصلی‌ترین و مهم‌ترین محل سوخت و ساز گیاه است و غلظت عناصر غذایی در برگ در مراحل خاصی از رشد و تکامل گیاه، همبستگی خوبی با عملکرد گیاه دارد، بنابراین آنالیز برگی برای شناسایی وضعیت تغذیه گیاه و متعاقباً به‌منظور تعیین برنامه کودی مناسب به کار می‌رود (Fernández-Escobar *et al.*, 2009). در این بررسی هر دو منبع کود در مقایسه با درختان شاهد منجر به بهبود سطح عناصر نیتروژن و پتاسیم گردید، که می‌تواند به‌دلیل تغییر در فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بعد اعمال تیمارها همچون جذب آب و مواد مغذی در آوندها، بازیافت عناصر درون‌زا و هموستازی یونی و … نسبت داده شود (Marschner 2012). هم سو با این نتایج گزارش شده است که محلول‌پاشی اوره بسیار مؤثر در افزایش غلظت نیتروژن برگی در درختان زیتون بوده است (Fernández-Escobar *et al.*, 2011). همچنین گزارش شده است کاربرد هر دو منبع کودی نانو کلات پتاسیم و نیترات پتاسیم منجر به بهبود محتوای عناصر برگی در مقایسه با درختان شاهد گردید (Rohi Vishekaii *et al.*, 2022).

جدول ۳- تجزیه واریانس (B) و مقایسه میانگین (A) تاثیر محلول‌پاشی برگی نانو کود و کود شیمیایی نیتروژن و پتاسیم بر محتوای عناصر برگی درختان زیتون رقم 'زرد'

Table 3- ANOVA (B) and mean comparison (A) for the effect of nano and chemical foliar applications of nitrogen and potassium fertilizers on the leaf mineral composition of olive cv. Zard

A

تیمار Treatment	نیتروژن Nitrogen (%)		پتاسیم Potassium (%)	
	مرحله سخت شدن هسته Pit hardening stage	بعد از برداشت میوه کنسروی Shortly after harvest of table olive	مرحله سخت شدن هسته Pit hardening stage	بعد از برداشت میوه کنسروی Shortly after harvest of table olive
شاهد† Control	1.44[d]	1.53[b]	1.12[c]	1.21[d]
N_1K_1	1.58[c]	2.09[a]	1.43[b]	1.60[c]
N_2K_2	1.95[a]	1.98[a]	1.77[a]	1.80[ab]
nano- N_1K_1	1.88[a]	1.93[a]	1.65[a]	1.69[bc]
nano- N_2K_2	1.68[b]	2.01[a]	1.48[b]	1.82[a]

B

میانگین مربعات Mean Square

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	نیتروژن Nitrogen (%)		پتاسیم Potassium (٪)	
		مرحله سخت شدن هسته Pit hardening stage	بعد از برداشت میوه کنسروی Shortly after harvest of table olive	مرحله سخت شدن هسته Pit hardening stage	بعد از برداشت میوه کنسروی Shortly after harvest of table olive
سال Year	1	0.67**	0.76**	0.21*	0.18*
تیمار Treatment	4	0.26**	0.29**	0.36**	0.37**
Year× Treatment سال×تیمار	4	0.03**	0.07**	0.01 ns	0.00 ns
خطا Error	16	0.00**	0.1	0.00	0.00
ضریب تغییر Coeff Var		3.22	5.40	5.56	4.41

† شاهد، ($nano-N_1k_1- N_1k_1$) و ($nano- N_2k_2- N_2k_2$) به‌ترتیب شامل صفر، (۱/۰۲ و ۰/۸۱) و (۱/۳۶ و ۱/۰۸) گرم نیتروژن و پتاسیم خالص می‌باشند.

میانگین‌هایی با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD ندارند. داده‌ها نشان‌دهنده میانگین دو سال متوالی می‌باشد.

*، ** و ns به‌ترتیب نشان دهنده معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ، معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

Control, ($nano-N_1K_1- N_1K_1$) and ($nano-N_2K_2- N_2K_2$) are 0, (0.81 and 1.02) and (1.08 and 1.36) gram pure nitrogen and potassium, respectively.

Means with the same letter in each column were not significantly different using LSD test at $p \leq 0.05$. Data shown are means of two consecutive years.

*, ** and ns are significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ and not significant, respectively.

صفات فتوسنتزی شامل رنگیزه کلروفیل و کربوهیدرات محلول

محتوای کلروفیل کل برگ در جدول ۴ (A و B) نشان می‌دهد که بیشترین مقدار کلروفیل برگ مربوط به تیمار $nano-N_1K_1$ با میانگین به‌ترتیب ۲/۶۰ و ۲/۴۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در دو زمان اندازه‌گیری شامل (مرحله سخت شدن هسته و بعد از برداشت میوه کنسروی) بود. کمترین مقدار نیز در درختان شاهد مشاهده گردید.

میزان کلروفیل یکی از فاکتورهای اصلی در ارتباط با فرایند فتوسنتز در گیاه می‌باشد. تأثیر تیمار $nano-N_1K_1$ بر مقدار رنگیزه کلروفیل بیشتر از سایر تیمارها بود که احتمالاً می‌تواند به‌دلیل نقش عناصر معدنی همچون نیتروژن و پتاسیم باشد که در این تیمار در وضعیت بهتری مشاهده شد. نیتروژن بخش ضروری ساختار مولکول کلروفیل بوده و مورد نیاز در بیوسنتز آن می‌باشد. پتاسیم نیز به‌عنوان پیش ماده در سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی نقش دارد (Collins & Duke, 1981; Netto *et al*., 2005). بنابراین کاهش دسترسی به عناصر معدنی و آسیمیلات‌ها می‌تواند دلیلی بر کاهش میزان کلروفیل برگ درختان

شاهد در مقایسه با سایر تیمارها باشد. علی‌رغم غلظت بالاتر عناصر برگی در مرحله بعد از برداشت میوه کنسروی مقدار کلروفیل در این زمان کمتر از مرحله سخت شدن هسته بود. این نتایج نشان می‌دهد که رنگیزه‌ها نه تنها تحت تأثیر عوامل داخلی همچون تغذیه قرار می‌گیرند. بلکه عوامل محیطی همچون نور و دما نیز اثرگذار می‌باشد. منطبق با این نتایج اثرات فاکتورهای محیطی مختلف همچون دما، فتوپریود، دسترسی به آب، مراحل ویژه بلوغ و تغذیه بر مقدار کلروفیل برگ گزارش شده است (Chen *et al*., 2011; Lee *et al*., 2011).

مقدار کربوهیدرات در درختان تحت تیمار در مقایسه با درختان شاهد افزایش یافت. غلظت کربوهیدرات در مرحله سخت شدن هسته در تیمار nano-N_1K_1 ۱/۳۹ برابر بیشتر از تیمار شاهد بود. در مرحله بعد از برداشت میوه کنسروی، مقدار کربوهیدرات افزایش ۱/۴۸ برابری در تیمار nano-N_2K_2 در مقایسه با درختان شاهد نشان شد (جدول ۴).

افزایش کربوهیدرات محلول برگ پس از اعمال تیمارها در مقایسه با شاهد می‌تواند به نقش مهم نیتروژن در ساختار کلروپلاست، آسیمیلاسیون دی اکسید کربن و فعالیت آنزیم‌های مستلزم در فتوسنتز باشد که منجر به افزایش فتوسنتز و تجمع کربوهیدرات می‌شود (Kumar *et al*., 2014; Ramezanian *et al*., 2009). بعلاوه می‌تواند به‌واسطه نقش پتاسیم در فرایندهای آنزیمی و فعالیت‌های فتوسنتزی در ارتباط باشد (Saadati *et al*., 2013). همچنین به نظر می‌رسد مصرف کمتر کربوهیدرات در تیمار nano-N_1K_1 طی عملکرد پایین‌تر دلیلی بر بالاتر بودن مقدار آن در مرحله اول اندازه‌گیری (مرحله سخت شدن هسته) باشد. در همین راستا گزارش شده است که تشکیل میوه و نمو آن فرایندهای اصلی در ارتباط با مصرف انرژی می‌باشند (De la Rosa *et al*., 2000). در مرحله بعد از برداشت میوه کنسروی مقدار کربوهیدرات در تیمارnano-N_1K_1 کاهش یافت که احتمالاً به‌واسطه مصرف آن در فرایند سنتز روغن می‌باشد. گزارش شده است رابطه مثبت و معنی‌داری بین محتوای قند و تجمع روغن وجود دارد (Connor & Fereres, 2005). بعلاوه در توافق با این نتایج گزارش شده است در نتیجه کاربرد نانو نیتروژن و اوره بر روی درختان زیتون، مقدار کربوهیدرات برگ تحت تأثیر تیمار نانو افزایش یافت (Rohi *et al*., 2019 Vishekaii).

عملکرد میوه و درصد روغن

نتایج جدول ۵ (A و B) نشان داد که اعمال تیمارها تأثیر قابل توجهی در بهبود عملکرد در مقایسه با درختان شاهد داشت. بیشترین عملکرد (۳۶/۴۳ کیلوگرم) مربوط به تیمار محلول‌پاشی N_2K_2 بود. کاربرد این تیمار باعث گردید که عملکرد به میزان ۴۹/۲۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یابد.

عملکرد به‌عنوان شاخص مهم برای تولیدکنندگان محسوب می‌شود. افزایش عملکرد در تیمار N_2K_2 ممکن است به جذب سریعتر کودهای مرسوم در مقایسه با آزادسازی آرام و کنترل‌شده نانو کودها نسبت داده شود. بعلاوه به اثرات نیتروژن و پتاسیم بر بهبود وضعیت تغذیه‌ای درخت و افزایش فعالیت‌های متابولیسمی چون فتوسنتز، سنتز و انتقال فرآورده‌ها بستگی داشته باشد که منتهی به تحریک القا گل و افزایش تشکیل گل‌کامل و تشکیل میوه می‌شود. همچنین به‌نظر می‌رسد محلول‌پاشی در دو نوبت مرحله تورم جوانه و قبل از شکوفایی گل‌آذین زمانی که جوانه‌ها در حال نمو بوده و مواد فتوسنتزی زیادی نیاز دارد، توانسته است فتوسنتز را در حد مطلوب نگه‌داشته و در نتیجه تشکیل میوه و عملکرد را بالا ببرد. این یافته‌ها در توافق با مطالعات گذشته است که گزارش شده بود محدودیت دسترسی به عناصر تغذیه‌ای منجر به کاهش عملکرد می‌شود و وضعیت تغذیه‌ای درختان میوه بر روی عملکرد اثر می‌گذارد (Casero *et al*., 2004; Nestby *et al*., 2005). گزارش شده است محلول‌پاشی برگی اوره در درختان گیلاس و انار عامل اصلی افزایش عملکرد بوده است (Mitre *et al*., 2012; Hasani *et al*., 2016). بعلاوه منطبق با نتایج سایر محققان گزارش شده بود عملکرد میوه زیتون بعد از محلول‌پاشی با نیترات پتاسیم به‌طور قابل توجهی افزایش یافت (Hegazi *et al*., 2011; Sarrwy *et al*., 2010). محلول‌پاشی درختان زیتون با اوره در مقایسه با نانو کلات نیتروژن و نیترات پتاسیم در مقایسه با نانو کلات پتاسیم مقدار عملکرد بالاتری را نشان دادند (Rohi *et al*., 2021 and 2022 Vishekaii).

جدول ۵ (A و B) مؤید این مطلب است که بالاترین میزان درصد روغن تحت محلول‌پاشی با تیمار nano-N_1K_1 (۵۷/۳۸ درصد) و پایین ترین مقدار مربوط به تیمار شاهد (۵۱/۱۸ درصد) بود.

دو منبع مهم برای آسیمیلاسیون و تشکیل روغن وجود دارد. اولین مسیر کربوهیدراتی است که پس از انجام فرایند فتوسنتز در برگ تولید و به میوه انتقال می‌یابد و مسیر دوم کربوهیدراتی است که طی فتوسنتز در میوه سبز زیتون تشکیل می‌شود که پس از انجام فرایندهای آنزیمی تبدیل به اسید چرب می‌شود (Connor & Fereres, 2005). در این مطالعه به‌نظر می‌رسد افزایش درصد روغن پس از محلول‌پاشی با nano-N_1K_1 در مراحل سخت شدن هسته و پس از برداشت میوه کنسروی می‌تواند به تأثیر آن بر تداوم فعالیت مسیر بیوسنتزی تری گلیسرید در میوه نسبت داده شود. سنتز مواد غذایی و افزایش دسترسی به فتوآسیمیلات‌ها و همچنین انتقال این مواد به محل مصرف منجر به بهبود بیوسنتز روغن می‌شود. به‌طوری‌که منطبق با جدول ۳ و ۴ مقدار عناصر ضروری معدنی و کربوهیدرات در این تیمار در مرحله سخت شدن هسته بالاتر از سایر تیمارها بود که می‌تواند بر میزان فتوسنتز و تولید متابولیت‌های گیاه تأثیر گذاشته و در نهایت به انباشت روغن

کمک نماید. فراهمی عناصر ضروری در مرحله فعالیت‌های حیاتی و حساس گیاه می‌تواند بر میزان فتوسنتز و تولید متابولیت‌های گیاه تأثیر گذاشته و در نهایت به انباشت روغن کمک نماید. در توافق با نتایج این تحقیق، اثرات مثبت کاربرد نیتروژن (Inglesias *et al.*, 2002; Elbadawy *et al.*, 2016) و کاربرد پتاسیم (Hegazi *et al.*, 2011; Toplu *et al.*, 2009) بر میزان روغن زیتون قبلاً گزارش شده است. بعلاوه تیمار درختان زیتون با نانو کلات نیتروژن منجر به افزایش درصد روغن در مقایسه با تیمار اوره شد (Rohi Vishekaii *et al.*, 2021). همچنین این نتایج نشان دهنده ارتباط منفی بین درصد روغن و عملکرد میوه می‌باشد که احتمالاً به‌واسطه کاهش دسترسی به آسمیلات‌های مؤثر در سنتز روغن در شرایط عملکرد بالا می‌باشد (Gucci *et al.*, 2007).

جدول ٤- تجزیه واریانس (B) و مقایسه میانگین (A) تأثیر محلول‌پاشی با نانو کود و کود شیمیایی نیتروژن و پتاسیم بر مقدار کلروفیل و کربوهیدرات برگ درختان زیتون رقم 'زرد'

Table 4- ANOVA (B) and mean comparison (A) for the effect of nano and chemical foliar applications of nitrogen and potassium fertilizers on the chlorophyll and carbohydrate contents of olive cv. Zard

A

Treatment تیمار	محتوای کلروفیل Chlorophyll content (mg.g^{-1} FW)		محتوای کربوهیدرات محلول Carbohydrate contents (mg.g^{-1} DW)	
	مرحله سخت شدن هسته Pit hardening stage	بعد از برداشت میوه کنسروی Shortly after harvest of table olive	مرحله سخت شدن هسته Pit hardening stage	بعد از برداشت میوه کنسروی Shortly after harvest of table olive
Control شاهد [†]	1.14^{e}	1.03^{d}	29.14^{e}	34.47^{e}
N_1K_1	2.01^{c}	1.80^{c}	33.75^{c}	47.40^{b}
N_2K_2	2.20^{b}	2.08^{b}	31.72^{d}	46.16^{c}
nano- N_1K_1	2.60^{a}	2.48^{a}	40.53^{a}	41.82^{d}
nano- N_2K_2	1.89^{d}	1.82^{c}	39.25^{b}	51.02^{a}

B

میانگین مربعات
Mean Square

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	محتوای کلروفیل Chlorophyll content (mg.g^{-1} FW)		محتوای کربوهیدرات محلول Carbohydrate contents (mg.g^{-1} DW)	
		مرحله سخت شدن هسته Pit hardening stage	بعد از برداشت میوه کنسروی Shortly after harvest of table olive	مرحله سخت شدن هسته Pit hardening stage	بعد از برداشت میوه کنسروی Shortly after harvest of table olive
Year سال	1	0.71^{**}	0.88^{**}	88.37^{**}	114.66^{**}
Treatment تیمار	4	1.70^{**}	1.69^{**}	142.68^{**}	241.35^{**}
Year× Treatment سال×تیمار16	4	0.005^{ns}	0.03^{**}	9.00^{**}	14.75^{**}
Error خطا	16	0.00	0.00	0.35	0.07
Coeff Var تغییر ضریب		3.23	3.68	1.71	0.61

به‌ترتیب شامل صفر، (۱/۰۲ و ۰/۸۱) و (۱/۳۶ و ۱/۰۸) گرم نیتروژن و پتاسیم خالص می‌باشند.

($nano-N_2K_2$- N_2K_2) و($nano-N_1K_1$- N_1K_1) شاهد. داده‌ها نشان‌دهنده میانگین دو سال متوالی می‌باشد.

میانگین‌هایی با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD ندارند.

*، ** و ns به‌ترتیب نشان دهنده معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ، معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

Control, ($nano-N_1K_1$- N_1K_1) and ($nano-N_2K_2$- N_2K_2) are 0, (0.81 and 1.02) and (1.08 and 1.36) gram pure nitrogen and potassium, respectively.

Means with the same letter in each column were not significantly different using Least Significant Difference test at $p \leq 0.05$.

Data are means of two consecutive years.*, ** and ns are significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ and not significant, respectively.

جدول ۵- تجزیه واریانس (B) و مقایسه میانگین (A) تأثیر محلول‌پاشی با نانو کود و کود شیمیایی نیتروژن و پتاسیم بر خصوصیات کمی و کیفی روغن زیتون رقم زرد[1]

Table 5- ANOVA (B) and mean comparison (A) for the effect of nano and chemical foliar applications of nitrogen and potassium fertilizers on yield, quality and quantity of olive oil cv. Zard

Treatment تیمار	درصد روغن در ماده خشک Olive oil in dry matter (%)	عملکرد Yield ($kg.tree^{-1}$)	اسید چرب آزاد Free fatty acid (%)	ارزش پراکسید Peroxide value ($meq\ O_2.kg^{-1}$)	شاخص k_{232}	شاخص K_{270}	کلروفیل روغن Chlorophyll ($mg.kg^{-1}$)	کارتنوئید روغن Carotenoid ($mg.kg^{-1}$)	محتوای فنل کل Total phenolic content ($mg.kg^{-1}$ oil)	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant capacity (%)
Control شاهد [†]	51.18^{e}	18.50^{e}	0.41^{a}	10.22^{a}	1.07^{a}	0.12^{a}	1.55^{c}	0.97^{d}	42.13^{e}	28.94^{d}
N_1K_1	56.05^{b}	24.03^{c}	0.33^{ab}	8.23^{c}	0.60^{b}	0.05^{bc}	2.21^{b}	1.41^{c}	59.20^{c}	39.79^{b}
N_2K_2	52.08^{d}	36.43^{a}	0.37^{a}	9.25^{b}	0.61^{b}	0.07^{b}	2.36^{a}	1.48^{b}	54.53^{d}	31.31^{c}
nano- N_1K_1	57.38^{a}	22.52^{d}	0.19^{c}	7.38^{d}	0.49^{c}	0.04^{c}	2.39^{a}	1.61^{a}	64.02^{a}	46.10^{a}
nano- N_2K_2	53.19^{c}	27.28^{b}	0.26^{bc}	9.18^{b}	0.60^{b}	0.07^{b}	2.15^{b}	1.42^{c}	61.66^{b}	40.31^{b}

B

میانگین مربعات
Mean Square

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی DF	درصد روغن در ماده خشک Olive oil in dry matter (%)	عملکرد Yield ($kg.tree^{-1}$)	اسید چرب آزاد Free fatty acid (%)	ارزش پراکسید Peroxide value ($meq\ O_2.kg^{-1}$)	شاخص k_{232}	شاخص K_{270}	کلروفیل روغن Chlorophyll ($mg.kg^{-1}$)	کارتنوئید روغن Carotenoid ($mg.kg^{-1}$)	محتوای فنل کل Total phenolic content ($mg.kg^{-1}$ oil)	ظرفیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant capacity (%)
Year سال	1	18.89^{**}	213.01^{**}	0.03^{**}	2.26^{*}	1.08^{**}	0.008^{**}	7.55^{**}	4.21^{**}	1601.47^{**}	178.51^{**}
Treatment تیمار	4	41.88^{**}	273.59^{**}	0.04^{**}	7.01^{**}	0.30^{**}	0.005^{**}	0.70^{**}	0.49^{**}	297.81^{**}	451.00^{**}
Year× Treatment سال×تیمار	4	0.63^{**}	16.72^{**}	0.00^{ns}	0.13^{ns}	0.01^{*}	0.000^{*}	0.01^{ns}	0.19^{**}	111.96^{**}	27.90^{**}
Error خطا	16	0.42	0.58	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.02	0.59	0.13
Coeff Var ضریب تغییر		0.30	2.98	16.33	4.29	9.28	19.06	3.28	11.31	2.06	0.66

[†] شاهد،($nano\text{-}N_1K_1$- N_1K_1) و ($nano\text{-}N_2K_2$- N_2K_2) به‌ترتیب شامل ۰، (۱/۰۲ و ۰/۸۱) و (۱/۳۶ و ۱/۰۸) گرم نیتروژن و پتاسیم خالص می‌باشند.

میانگین‌هایی با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD ندارند.

*، ** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

Control, (nano-N_1K_1- N_1K_1) and (nano-N_2K_2- N_2K_2) are 0, (0.81 and 1.02) and (1.08 and 1.36) gram pure nitrogen and potassium respectively.

Means with the same letter in each column were not significantly different using Least Significant Difference test at $p \leq 0.05$.

*, ** and ns are significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ and not significant, respectively.

با این‌وجود در درختان شاهد با کمترین عملکرد، درصد روغن در مقایسه با تیمار $nano-N_1K_1$ افزایش نیافت. بنابراین به‌نظر می‌رسد علاوه بر عملکرد، نانو کودها از طریق مکانیزم‌هایی همچون همزمانی آزادسازی منابع تغذیه‌ای منطبق با نیاز گیاه و بهبود دسترسی به آسمیلات‌ها بر این پدیده اثرگذار بوده‌اند. با مطالعه منابع می‌توان گفت که تحقیق حاضر اولین گزارش در مورد تأثیر اثر متقابل نانو نیتروژن و پتاسیم بر میزان درصد روغن زیتون می‌باشد. بنابراین مکانیزم اثر آن‌ها هنوز ناشناخته می‌باشد.

خصوصیات کیفی روغن زیتون

تغییرات خصوصیات کیفی روغن شامل (اسید چرب آزاد، ارزش پراکسید و ضرایب خاموشی) تحت تیمار با هر دو منبع کودی بررسی شد. مقایسه میانگین داده‌های جدول ۵ (A و B) مؤید این مطلب است که اسید چرب آزاد روغن پس از محلول‌پاشی با $nano-N_1K_1$ در سطح پایین‌تری در مقایسه با سایر تیمارها حفظ شد اگرچه اختلاف آن با تیمار $nano-N_2K_2$ از نظر آماری معنی‌دار نبود. بیشترین مقدار این صفت مربوط به تیمار شاهد بود اختلاف آن با تیمارهای N_1K_1 و N_2K_2 معنی‌دار نبود.

اسیدهای چرب آزاد روغن اولین و مهم‌ترین معیار سنجش کیفیت روغن زیتون و هم چنین بیانگر درجه فساد روغن نیز می‌باشد .اندازه‌گیری سطح اسیدهای چرب آزاد ساده‌ترین روش برای ارزیابی کیفیت روغن زیتون است با پیشرفت رسیدگی میوه به میزان اسیدهای چرب آزاد افزوده می‌شود، دلیل این افزایش نرمی بافت میوه و به تبع آن مستعد شدن به آسیب‌های پاتوژنیکی و مکانیکی و سرانجام افزایش فعالیت‌های لیپولیتیکی می‌باشد (Boskou, 1996). برحسب استاندارد شورای بین‌المللی روغن زیتون اسیدیته آزاد روغن زیتون بکر بر حسب درصد اولئیک اسید نباید بیشتراز ۰/۸ درصد باشد (IOOC, 2011). در این بررسی اسیدهای چرب آزاد بیشتر تحت تأثیر تیمارهای نانو قرار گرفت.

مقایسه میانگین ارزش پراکسید جدول ۵ (A و B) نشان داد که از لحاظ آماری تفاوت معناداری بین تیمارها وجود دارد. بالاترین مقدار این صفت مربوط به نمونه‌های روغن حاصل از درختان شاهد ($meq\ O_2.$ $^{-1}$۱۰/۲۲kg) و کمترین مقدار تحت تأثیر تیمار-nano ($meq\ O_2.\ kg^{-1}$) $۷/۳۸N_1K_1$ قرار گرفت.

شاخص پراکسید دومین معیار سنجش کیفیت روغن است و همچنین به‌عنوان شاخصی برای مشخص کردن فساد آنزیمی و اکسیداتیو در روغن مورد استفاده قرار می‌گیرد. عدد پراکسید یکی از پرکاربردترین شاخص‌های کیفی است که مقدار کل پراکسیدهای موجود در روغن را به‌عنوان فراورده‌های اولیه حاصل از اکسایش نشان می‌دهد. پراکسید محصول اولیه اکسیداسیون مواد چرب است و به‌طور کلی هر چقدر که درجه غیر اشباعیت روغن‌ها بیشتر باشد، روغن به فساد اکسیداتیو حساس‌تر خواهد بود. شاخص پراکسید براساس استاندارد شورای بین‌المللی زیتون و حدود پذیرفته شده اتحادیه اروپا برای روغن زیتون طبیعی ممتاز حداکثر ۲۰ اعلام شده است (Masumi & Arzani, 1998).

با توجه به جدول ۵ مقایسه میانگین داده‌ها مشاهده شد که تیمار $nano-N_1K_1$ منجر به حفظ K_{232} و K_{270} در سطح پایین‌تری در مقایسه با سایر تیمارها شد اگرچه بین تیمارهای $nano-N_1K_1$ و N_1K_1 اختلاف معنی‌داری در صفت K_{270} مشاهده نشد. بالاترین مقادیر صفات فوق تحت تأثیر تیمار شاهد قرار گرفت.

تعیین ضرایب جذب خاص در منطقه ماوراء بنفش برای برآورد میزان اکسیداسیون روغن زیتون مورد نیاز است. بالا بودن این شاخص نشانهٔ بو و طعم نامطلوب روغن است، در طی اکسیداسیون روغن، به دلیل آرایش مجدد پیوندهای دوگانه اسیدهای چرب غیراشباع، ترکیبات دی ان مزدوج تشکیل می‌شوند که میزان آن‌ها با جذب اشعه فرابنفش و در طول موج ۲۳۲ نانومتر تحت عنوان ضریب خاموشی K_{232}نشان داده می‌شود و با گذشت زمان این ترکیبات به مشتقات کربنیلی اسیدهای چرب کوتاه‌تر (آلدهیدی و ستونی) تبدیل شده که نشان دهنده مرحله اکسیداسیون ثانویه بوده و با جذب اشعه فرابنفش در طول موج ۲۷۰ نانومتر ارزیابی می‌گردد و به آن ضریب خاموشی K_{270}که نماد ترکیبات کربنیلی است اطلاق می‌گردد که شاخص بسیار مناسبی برای ارزیابی پایداری اکسیداسیونی روغن تلقی می‌شود (Zhong, 2005). میزان K_{232} براساس استاندارد شورای بین المللی زیتون و حدود پذیرفته شده اتحادیه اروپا برای روغن زیتون طبیعی ممتاز حداکثر ۲/۴ اعلام شده است. این میزان برای K_{270}حداکثر ۰/۲ اعلام شده است. بالا بودن کارایی و سطح مخصوص نانو ذرات اثرگذاری بیشتر تیمار نانو را می‌تواند توجیه کند (Monreal, 2010).

به‌طور کلی کیفیت و کمیت روغن زیتون به‌وسیله یک‌سری از فاکتورها شامل موقعیت جغرافیایی، شرایط آب و هوایی رقم و شرایط استخراج تأثیر می‌پذیرد (Dag *et al*., 2009). علاوه‌بر آن مشخصات روغن تحت تأثیر تغذیه نیز قرار می‌گیرد. به‌نظر می‌رسد بهبود خصوصیات کیفی روغن زیتون به‌واسطه نقش‌های متفاوت نیتروژن و پتاسیم در فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در گیاهان باشد. بعلاوه رابطه بین محتوای عناصر معدنی و کیفیت روغن زیتون نیز گزارش شده است (Guru *et al*., 2015). تیمار $nano-N_1K_1$ در مقایسه با سایر تیمارها با توجه به خصوصیاتی همچون رهایش تدریجی و آرام، امکان جذب و اثرگذاری بر فرایندهای متابولیکی را فراهم نموده و اثرات مثبت بر خصوصیات کیفی روغن نشان داد.

لازم به ذکر است در این پژوهش شاخص‌های کیفی روغن در همه نمونه‌ها کمتر از حد بالای تعیین شده برای روغن‌های با کیفیت عالی می‌باشد که می‌تواند به‌دلیل استفاده از میوه‌های سالم، فراوری در مقیاس کوچک و در نتیجه سرعت بالای فرایند کردن باشد.

با توجه به جدول ۵ مقایسه میانگین مشاهده شد که اعمال کلیه تیمارها در مقایسه با شاهد باعث افزایش معنی‌دار رنگیزه کلروفیل روغن گردید و تأثیر تیمارهای nano-N_1K_1 و N_2K_2 بیشتر از بقیه بود. محلول‌پاشی درختان با تیمار nano-N_1K_1 محتوای رنگیزه کارتنوئید را ۳۹/۷۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد.

محتوای رنگیزه‌های روغن به‌عنوان یک شاخص کیفی حایز اهمیت می‌باشد. زیرا در ارتباط با رنگ روغن و نقش کلیدی آن‌ها در پذیرش حسی در بین مصرف کنندگان می‌باشد (Saadati *et al*., 2013). کلروفیل و کارتنوئید دو رنگیزه اصلی در روغن زیتون می‌باشد محلول‌پاشی با هر دو فرم کودی منجر به بهبود رنگیزه‌ها نسبت به شاهد شد. این نتیجه می‌تواند به‌واسطه نقش ساختاری نیتروژن و اثربخشی پتاسیم در سنتز کلروفیل باشد که بر مقدار رنگیزه در میوه و نهایتاً افزایش غلظت آن در روغن منتهی می‌شود.

فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

منطبق با جدول تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ۵ (A و B) مقدار فنل در تیمار nano-N_1K_1 ۱/۵۱ برابر بالاتر از تیمار شاهد بود. پلی‌فنل‌ها آنتی‌اکسیدان‌های مهمی هستند که سیستم‌های بیولوژیکی را در مقابل رادیکال‌های آزاد حفظ می‌کنند این ترکیبات همچنین حاوی سیگنال‌های معینی برای پایداری روغن و مسئول طعم و بو روغن می‌باشند (Bendini *et al*., 2007). به‌نظر می‌رسد بهبود در دسترسی به آسیمیلات‌ها، مواد معدنی و همچنین به‌واسطه نقش‌های شناخته شده نیتروژن و پتاسیم در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، دلیلی بر افزایش ترکیبات فنلی تحت تیمار nano-N_1K_1 در مقایسه با سایر تیمارها باشد. نانو کودها با بهبود کارایی عناصر غذایی، آزادسازی آرام و کنترل شده مواد غذایی دارای مزیت بوده و به‌عنوان یک فناوری نوین در بخش کشاورزی می‌باشند. محلول‌پاشی درختان زیتون با نانو نیتروژن در مقایسه با کود اوره منجر به افزایش فنل روغن گردید (Rohi Vishekaii *et al*., 2021). با این‌وجود این نتیجه پس از کاربرد نیترات پتاسیم و نانو کلات پتاسیم برعکس بود (Rohi Vishekaii *et al*., 2022). با توجه به نوین بودن این فناوری نیاز به تحقیقات و بررسی‌های بیشتری در خصوص مکانیزم عمل آن‌ها می‌باشد.

مطابق با جدول ۵ مقایسه میانگین داده‌ها، کلیه تیمارها نسبت به شاهد باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی شدند. بیشترین تأثیر مربوط به تیمار محلول‌پاشی با nano-N_1K_1 بود که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را ۱/۵۹ برابر نسبت به درختان شاهد افزایش داد.

ظرفیت آنتی‌اکسیدانی روغن زیتون به‌وسیله توانایی در فعالیت حذف کنندگی رادیکال‌های آزاد ارزیابی می‌شود (Covas *et al*., 2006). در این بررسی تأثیر مثبت nano-N_1K_1 بر بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های روغن مشاهده شد. دلیل افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی تحت این تیمار ممکن است به‌واسطه نقش نانوکود بر متابولیسم، جذب و انتقال آسیمیلات‌ها باشد. بنابراین نتیجه دسترسی به این منابع می‌تواند منجر به تغییرات ظرفیت آنتی‌اکسیدانی باشد. در همین راستا گزارش شده است نانو ذرات می‌توانند متابولیسم گیاه را از طریق اثرگذاری بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی تشویق و تحریک کنند و از این‌رو ارزش تغذیه‌ای ارتقا یابد (Ghormade *et al*., 2011). تجمع ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در پاسخ به کاربرد نانو مواد نیز گزارش شد (Corral-Diaz *et al*., 2014). به‌نظر می‌رسد در این مطالعه افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بخشی به‌واسطه افزایش ترکیبات فنلی و بخشی در نتیجه رنگیزه‌های کلروفیل و کارتنوئید باشد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات قبلاً گزارش شده بود (Fernández-Escobar *et al*., 2006; Bradley & Min, 1992; Tura *et al*., 2007). همین‌طور افزایش میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (فنل‌ها و α توکوفرول) در درختان زیتون تحت محلول‌پاشی با پتاسیم و بهبود پایداری اکسیداتیو روغن گزارش شده است (Tekaya *et al*., 2013).

اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع

با توجه به مقایسه میانگین تیمارها مشاهده شد، محلول‌پاشی با نیتروژن و پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر بهبود اسیدهای چرب اصلی روغن شامل اولئیک اسید، پالمیتیک اسید، پالمیتولئیک اسید، استئاریک اسید، لینولئیک اسید و لینولنیک اسید داشت (جدول ۶ A و B). در بین همه تیمارها بالاترین درصد اسید چرب غیراشباع اولئیک اسید (۶۹/۳۷ ٪) و کمترین درصد اسید چرب اشباع پالمیتیک اسید (۱۵/۱۹ ٪) مربوط به تیمار nano-N_1K_1 بود. بالاترین و پایین‌ترین مقدار پالمیتولئیک اسید در تیمارهای مورد بررسی به‌ترتیب به تیمار شاهد و N_1K_1 اختصاص داشت. بیشترین مقدار لینولئیک اسید و لینولنیک اسید در تیمار شاهد (اگرچه اختلاف بین شاهد و تیمارهای N_1K_1 و nano-N_2K_2 بر مقدار لینولنیک اسید غیر معنی‌دار بود) و کمترین مقدار آن‌ها در خصوص لینولئیک اسید در تیمار nano-N_1K_1 و در خصوص صفت لینولنیک اسید در nano-N_1K_1 محاسبه شد. اگرچه اختلاف آن با تیمارهای nano-N_2K_2 و N_2K_2 در صفت لینولنیک اسید معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین مقدار اسید چرب اشباع روغن متعلق به تیمار شاهد و کمترین مقدار نیز مربوط به تیمار nano-

N_1K_1 بود. مشاهده شد که تیمار $nano\text{-}N_1K_1$ اسید چرب غیراشباع و نسبت اسید چرب غیراشباع به اسید چرب اشباع بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشت و تیمار شاهد کمترین مقدار این شاخص‌ها را به خود اختصاص داد (جدول ۶ A و B). پایداری روغن زیتون قویاً در ارتباط با پروفایل اسیدهای چرب می‌باشد. اولئیک اسید اصلی‌ترین اسید چرب غیراشباع موجود در روغن زیتون، بر طبق استاندارد کدکس و IOOC ۵۵ تا ۸۳ درصد چربی کل را تشکیل می‌دهد (Beltrán *et al.*, 2004). اسید پالمیتیک مهمترین اسید چرب اشباع در انواع روغن زیتون ۷/۵ تا ۲۰ درصد می‌باشد. همچنین استاریک اسید به‌عنوان دومین اسید چرب اشباع در محدوده ۰/۵ تا ۵ درصد می‌باشد.

پالمیتیک اسید، اسید چرب اشباع نامطلوب و اولئیک اسید یک اسید چرب اشباع مهم و مطلوب در روغن زیتون می‌باشد (Beltrán *et al.*, 2005). در این مطالعه پالمیتیک اسید و اولئیک اسید با یک تمایلات متضاد با هم در پاسخ به $nano\text{-}N_1K_1$ تأثیر پذیرفتند. بعلاوه اسید چرب تک غیر اشباع و نسبت آن به اسید چرب اشباع پارامتر خیلی مهم در روغن زیتون بوده و بر پایداری اکسیداتیو روغن مؤثر می‌باشد (Beltrán *et al.*, 2005). این پارامترها نیز توسط تیمار $nano\text{-}N_1K_1$ تأثیر پذیرفت. به‌طور کلی، اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه در روغن زیتون لینولئیک و لینولنیک است. براساس استاندارد لینولنیک اسید در روغن زیتون فرابکر باید کمتر از ۱ درصد باشد و مقدار لینولئیک اسید در روغن زیتون بین ۳/۵ تا ۲۱ درصد می‌باشد. محتوای بالای این دو اسید در روغن نامطلوب می‌باشد (Mailer & Beckingham, 2006). که در درختان شاهد بالاتر از سایر تیمارها بود. گزارش شده است که موقعیت اسید چرب تحت تأثیر فاکتورهای مختلف از جمله مقدار عملکرد قرار می‌گیرد (Beltrán *et al.*, 2004). در این بررسی بهبود در موقعیت اسید چرب در تیمار $nano\text{-}N_1K_1$ که عملکرد پایین‌تری نسبت به سایر تیمارها به جز تیمار شاهد داشت مشاهده گردید. با این وجود در درختان شاهد با کاهش عملکرد در مقایسه با کلیه تیمارها پروفایل اسید چرب بهبود نیافت. از این رو مشخص می‌گردد که موقعیت اسید چرب همچنین تحت تأثیر تیمار تغذیه نیز قرار گرفت. در تطابق با این یافته‌ها گزارش شده است که این شاخص‌ها می‌تواند به‌وسیله تغذیه با نیتروژن بهبود یابد (Holmes & Bennett, 1979). بعلاوه تأثیر پتاسیم در بهبود پروفایل اسیدهای چرب روغن زیتون نیز گزارش شده است (Thanaa *et al.*, 2017; Froment *et al.*, 2000). در مطالعه دیگر گزارش شد که تیمار نیتروژن منجر به افزایش اولئیک اسید و کمبود آن منجر به افزایش سطح پالمیتیک اسید در روغن زیتون شد (Bouhafa *et al.*, 2014). همچنین افزایش در مقدار اولئیک اسید در پاسخ به محلول‌پاشی با پتاسیم گزارش شده است (Bellaloui *et al.*, 2013). پتاسیم نقش مهمی در فعالیت آنزیم‌های مؤثر در متابولیسم اسیدهای چرب دارد. به‌طوری‌که نقش پتاسیم در تنظیم فعالیت آنزیم‌های مؤثر در سنتز کربوهیدرات، پیروات و در نهایت استیل کوآنزیم A به‌عنوان آغازگر جهت بیوسنتز اسیدهای چرب به‌ویژه اولئیک اسید گزارش شده است (Conde *et al.*, 2008).

طبق استاندارد ملی ایران و شورای بین‌المللی زیتون میزان اسیدهای چرب روغن در تمامی نمونه‌های مورد مطالعه از نظر پروفایل اسیدهای چرب در محدوده استاندارد قرار داشتند و در تیمارهای $nano\text{-}N_1K_1$ این شاخص در وضعیت بالاتری قرار داشت که به‌نظر می‌رسد دلیل این امر علاوه بر استفاده از میوه‌های سالم و عاری از آفات، نقش تغذیه درختان با $nano\text{-}N_1K_1$ و بهبود وضعیت عناصر معدنی همچنین دسترسی به فتوآسیمیلات‌ها باشد. همچنین به‌نظر می‌رسد که نانو ذرات می‌توانند منجر به تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی در سلول‌های گیاهی شود و نهایتاً منجر به بهبود کیفیت روغن شوند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی استفاده از کودهای شیمیایی اوره و نیترات پتاسیم در غلظت بالاتر (۱/۳۶ و ۱/۰۸ گرم در لیتر به‌ترتیب نیتروژن و پتاسیم خالص) باعث شد که عملکرد میوه افزایش یابد با این‌وجود مقدار روغن و کیفیت آن بیشتر تحت تأثیر استفاده از نانو کلات نیتروژن و پتاسیم در غلظت پایین‌تر (۱/۰۲ و ۰/۸۱ گرم در لیتر به‌ترتیب نیتروژن و پتاسیم خالص) قرار گرفت. بنابراین نتایج بیانگر اهمیت اسپری نانو کود به‌دلیل کاهش ورود مواد شیمیایی به محیط‌زیست می‌باشد. این مؤلفه‌ها علاوه بر تولیدکنندگان برای مصرف‌کنندگان نیز قابل توجه می‌باشد. با عنایت به این‌که کاربرد نانوکود به‌منظور بهبود رشد و تولید در درختان علم کاملاً نوپایی بوده است، نیاز به تحقیقات گسترده‌تری می‌باشد. به‌طوری که بسیاری از ساز و کارهای تأثیرپذیر گیاه در پاسخ به استعمال نانو ذرات همچنان ناشناخته است، بنابراین به‌نظر می‌رسد دسترسی به نتایج مطلوب و مطمئن مستلزم انجام تحقیقات بیشتری می‌باشد.

جدول ٦- تجزیه واریانس (B) و مقایسه میانگین(A) تاثیر محلول‌پاشی با نانو کود و کود شیمیایی نیتروژن و پتاسیم بر پروفایل اسیدهای چرب روغن زیتون رقم زرد

Table 6- ANOVA (B) and mean comparison (A) for the effect of nano and chemical foliar applications of nitrogen and potassium fertilizers on the oil fatty acid profile of olive cv. Zard

Treatment تیمار	پالمیتیک اسید Palmitic acid (%)	استئاریک اسید Stearic acid (%)	اولئیک اسید Oleic acid (%)	پالمیتولئیک اسید Palmitoleic acid (%)	لینولئیک اسید Linoleic acid (%)	لینولنیک اسید Linolenic acid (%)	اسید چرب تک غیر اشباع Monounsaturated fatty acids	اسید چرب اشباع Saturated fatty acids	اسید چرب تک غیر اشباع به اسید چرب اشباع MUFA/ SFA
Control شاهد †	17.75^{a}	3.12^{ab}	56.43^{e}	1.63^{a}	0.48^{a}	19.94^{a}	58.06^{d}	20.87^{a}	2.78^{d}
N_1K_1	16.23^{b}	3.29^{a}	64.61^{c}	1.02^{c}	0.46^{a}	14.39^{b}	65.63^{c}	19.52^{b}	3.36^{c}
N_2K_2	16.11^{b}	3.14^{ab}	63.75^{d}	1.27^{b}	0.33^{b}	13.23^{b}	65.03^{c}	19.25^{b}	3.37^{c}
nano- N_1K_1	15.19^{d}	1.74^{c}	69.37^{a}	1.25^{b}	0.30^{b}	11.09^{d}	70.62^{a}	16.93^{d}	4.17^{a}
nano- N_2K_2	15.66^{c}	2.92^{bc}	66.34^{b}	1.32^{b}	0.37^{ab}	13.28^{c}	67.67^{b}	18.58^{c}	3.64^{b}

B
میانگین مربعات
Mean Square

	درجه آزادی DF	پالمیتیک اسید Palmitic acid (%)	استئاریک اسید Stearic acid (%)	اولئیک اسید Oleic acid (%)	پالمیتولئیک اسید Palmitoleic acid (%)	لینولئیک اسید Linoleic acid (%)	لینولنیک اسید Linolenic acid (%)	اسید چرب تک غیر اشباع Monounsaturated fatty acids	اسید چرب اشباع Saturated fatty acids	اسید چرب تک غیر اشباع به اسید چرب اشباع MUFA/ SFA
Year سال	1	14.00**	0.65*	126.03**	0.18*	0.69**	89.78**	116.70**	8.58**	213.01**
Treatment تیمار	4	5.59**	0.27**	137.97**	0.28**	0.03**	66.38**	129.65**	12.42**	273.59**
Year× Treatment سال×تیمار	4	0.05^{ns}	0.21**	3.22**	0.03**	0.04**	1.75**	3.02**	0.16**	16.72*
Error خطا	16	0.06	0.02	0.20	0.00	0.005	0.09	0.15	0.05	0.58
Coeff Var ضریب تغییر		1.57	5.53	0.70	4.81	9.28	2.18	0.60	1.27	2.98

† شاهد، (nano-N_1K_1- N_1K_1) و (nano- N_2K_2- N_2K_2) به‌ترتیب شامل ۰، (۱/۰۲ و ۰/۸۱) و (۱/۳۶ و ۱/۰۸) گرم نیتروژن و پتاسیم خالص می‌باشند.

میانگین‌هایی با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ آزمون LSD ندارند.

*، ** و ns به‌ترتیب نشان دهنده معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

Control, (nano-N_1K_1- N_1K_1) and (nano-N_2K_2- N_2K_2) are 0, (0.81 and 1.02) and (1.08 and 1.36) gr pure nitrogen and potassium respectively.

Means with the same letter in each column were not significantly different using Least Significant Difference test at $p \leq 0.05$.

*, ** and ns are significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ and not significant, respectively.

سپاسگزاری

از دانشگاه زنجان و دانشگاه گیلان برای در اختیار قرار دادن امکانات لازم جهت انجام این پژوهش و نیز از مسئول محترم باغ بعثت، برای مساعدت بی‌دریغشان در زمینهٔ انجام این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Abbasi, H., Rezaei, K., & Rashidi, L. (2008). Extraction of essential oils from the seeds of pomegranate using organic solvents and supercritical CO_2. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *85*, 83-89. https://doi.org/10.1007/s11746-007-1158-x
2. Abbasi, Y., Bakhshi, D., Forghani, A., Sabouri, A., & Porghauomy, M. (2012). Effect of macro and micronutrients sprays on fruit quality and quantity of zard and rowghani olive cultivar. *American-Eurasian Journal Agricultral Environment Science*, *12*, 1548-1552. https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2012.12.12.1907
3. Abd El Migeed, M., El-Attar, H., ElRheem, K.M.A., Hassan, S., & Saleh, M. (2017). Response of Picual olive trees to urea winter sprays. *Middle East Journal of Agriculture Research*, *6*(4), 1431-1437.
4. Arnon, D. (1949). Copper enzyme polyphenoloxides in isolated chloroplast in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, *24*, 1-15. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1
5. Avidan, B., Ogrodovitch, A., & Lavee, S. (1997). A reliable and rapid shaking system for determination of the oil content in olive fruits. *Olivae*, *67*, 44-47. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.474.135
6. Aytac, Z., Gulmezoglu, N., Saglam, T., Gokhan Kulan, E., Selengil, U., & Levent Hosgun, H. (2017). Changes in N, K, and fatty acid composition of black cumin seeds affected by nitrogen doses under supplemental potassium application. *Journal of Chemistry*, 1-8. https://doi.org/10.1155/2017/3162062
7. Barker, A.V., & Pilbeam, D.J. (2007). *Handbook of plant nutrition*. CRC Press, Taylor and Francis Group.
8. Baruah, S., & Dutta, J. (2009). Nanotechnology applications in sensing and pollution degradation in agriculture. *Environmental Chemistry Letters*, *7*, 191-204.
9. Başar, H., & Gürel, S. (2016). The influence of Zn, Fe and B applications on leaf and fruit absorption of table olive “Gemlik” based on phonological stages. *Scientia Horticulturae*, *198*, 336-343.
10. Bellaloui, N., Yin, X., Mengistu, A., McClure, A.M., Tyler, D.D., & Reddy, K.N. (2013). Soybean seed protein, oil, Fatty acids, and isoflavones altered by potassium fertilizer rates in the Midsouth. *American Journal of Plant Sciences*, *7*, 976-988.
11. Beltrán, G., Del Rio, C., Sanchez, S., & Martinez, L. (2004). Influence of harvest date and crop yield on the fatty acid composition of virgin olive oils from Cv. Picual. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *52*, 3434–3440. https://doi.org/10.1021/jf049894n
12. Beltrán, G., Aguilera, M.P., Del Rio, C., Sanchez, S., & Martinez, L. (2005). Influence of fruit ripening process on the natural antioxidant content of Hojiblanca virgin olive oils. *Food Chemistry*, *89*, 207–215. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.027
13. Bendini, A., Cerretani, L., Carrasco-Pancorbo, A., Gómez-Caravaca, A., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A., & Lercker, G. (2007). Phenolic molecules in virgin olive oils: a survey of their sensory properties, health effects, antioxidant activity and analytical methods. An overview of the last decade Alessandra. *Molecules*, *12*, 1679-1719.
14. Boskou, D. (1996). *Olive oil chemistry and technology*. USA: AOCS Press, Champaign, Illinois.Brussard, L., Ferrera-Cenato, R. 1997. Soil ecology in sustainable agricultural systems. New York: Lewis publishers, U. S. A. 168 P.
15. Bouhafa, K., Moughli, L., Bouchoufi, K., Douaik, A., & Daoui, K. (2014). Nitrogen fertilization of olive orchards under rainfed Mediterranean condition. *American Journal of Experimental Agriculture*, *4*, 890-901. https://doi.org/10.9734/AJEA/2014/8719
16. Bradley, D.G., & Min, D.B. (1992). Singlet oxygen oxidation of foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *31*, 211-236.
17. Carrasco-Pancorbo, A., Cerretani, L., Bendini, A., Segura-Carretero, A., Delcarelo, M., Gallina-Toschi, T., Lercker, G., Compagnone, D., & Fernnandez-Gutiearrez, A. (2005). Evaluation of the antioxidant capacity of individual phenolic compounds in virgin olive oil. *Agricultural and Food Chemistry*, *53*, 8918- 8925.
18. Casero, T., Benavides, A., Puy J., & Recasens, I. (2004). Relationships between leaf and fruit nutrients and fruit quality attributes in Golden Smoothee apples using multivariate regression techniques. *Journal of Plant Nutrition*, *27*, 313-324. https://doi.org/10.1081/PLN-120027656
19. Chen, M., Li J., Dai, X., Sun, Y., & Chen, F. (2011). Effect of phosphorus and temperature on chlorophyll a contents and cell sizes of *Scenedesmus obliquus* and *Microcystis aeruginosa*. Limnology, *12*, 187-192. https://doi.org/10.1007/s10201-010-0336-y
20. Collins, M., & Duke, S.H. (1981). Influence of potassium-fertilization rate and form on photosynthesis and N_2 fixation of Alfalfa. *Crop Science*, *21*, 481-485.
21. Connor, D.J., & Fereres, E. (2005). The physiology of adaptation and yield expression in olive. *Horticultural Reviews*, *31*, 155–229.
22. Corral-Diaz, B., Peralta-Videa, J.R., Alvarez-Parrilla, E., Rodrigo-García, J., Morales, M.I., Osuna-Avila, P., Niu G., Hernandez-Viezcas, J.A., & Gardea-Torresdey, J.L. (2014). Cerium oxide nanoparticles alter the antioxidant capacity but do not impact tuber ionome in *Raphanus sativus* (L). *Plant Physiology and Biochemistry*, *84*, 277-285.

23. Covas, M.I., Ruiz-Gutiérrez, V., De La Torre, R., Kafatos, A., Lamuela-Raventós, R.M., Osada, J., Owen, R.W., & Visioli, F. (2006). Minor components of olive oil: evidence to date of health benefits in humans. *Nutrition Reviews, 64*, S20-S30.
24. Dag, A., Ben-David, E., Kerem, Z., Ben-Gal, A., Erel, R., Basheerb, L., & Yermiyahu, U. (2009). Olive oil composition as a function of nitrogen, phosphorus and potassium plant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 89*, 1871–1878.
25. Davarpanah, S., Tehranifar, A., Abadía, J., Val, J., Davarynejad, G., Aran, M., & Khorassani, R. (2018). Foliar calcium fertilization reduces fruit cracking in pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani). *Scientia Horticulturae, 230*, 86-91. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.11.023
26. Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G. H., Aran, M., Abadía, J., & Khorasani, R. (2017). Effects of foliar nano-nitrogen and urea fertilizers on the physical and chemical properties of Pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) fruits. *Horticultural Science, 52*, 288–294. https://doi.org/10.21273/HORTSCI11248-16
27. Davarpanah, S., Tehranifar, A., Davarynejad, G., Abadía, J., & Khorasani, R. (2016). Effects of foliar applications of zinc and boron nano-fertilizers on pomegranate (*Punica granatum* cv. Ardestani) fruit yield and quality. *Scientia Horticulturae, 210*, 57-64. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.07.003
28. De la Rosa, R., Rallo, L., & Rapoport, H.F. (2000). Olive floral bud growth and starch content during winter rest and spring budbreak. *Horticultural Science, 35*, 1223-1227.
29. Du, G., Li, M., Ma, F., & Liang, D. (2009). Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in *Actinidia* fruits. *Food Chemistry, 113*, 557-562.
30. Elbadawy, N., Hegazi, E., Yehia, T., Abourayya, M., & Mahmoud, T. (2016). Effect of nitrogen fertilizer on yield, fruit quality and oil content in Manzanillo olive trees. *Journal of Arid Land Studies, 26*, 175-177.
31. El-Salhy, A.M., Al-Wasfy, M.M., Badawy, E.F.M., Gouda, F.M., & Shamroukh, A.A. (2021). Effect of nano-potassium fertilization on fruiting of Zaghloul date palm. *SVU-International Journal of Agricultural Science, 3*(1), 1-9.
32. European Economic Commission (EEC). (1991). Characteristics of olive and olive pomace oils and their analytical methods. Regulation EEC/2568. *Official Journal of the European Communities, 248*, 1-82.
33. Fernández-Escobar, R., Beltrán, G., Sánchez-Zamora, M.A., García-Novelo, J., Aguilera, M.P., & Uceda, M. (2006). Olive oil quality decreases with nitrogen over-fertilization. *Horticulturae Scientia, 41*, 215–219.
34. Fernández-Escobar, R., Parra, M., Navarro, C., & Arquero, O. (2009). Foliar diagnosis as a guide to olive fertilization. *Spanish Journal of Agricultural Research, 7*, 212-223. https://doi.org/10.5424/sjar/2009071-413
35. Fernández-Escobar, R., García-Novelo, J., & Restrepo-Diaz, H. (2011). Mobilization of nitrogen in the olive bearing shoots after foliar application of urea. *Scientia Horticulturae, 127*, 452-454. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.10.006
36. Froment, M.A., Turley, D., & Collings, L.V. (2000). Effect of nutrition on growth and oil quality in linseed. *Tests Agrochemistry Culture, 21*, 29-30.
37. Ghormade, V., Deshpande, M.V., & Paknikar, K.M. (2011). Perspectives for nano-biotechnology enabled protection and nutrition of plants. *Biotechnology Advances, 29*, 792–803.
38. Gucci, R., Lodolini, E., & Rapoport, H. (2007). Productivity of olive trees with different water status and crop load. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 82*, 648-656. https://doi.org/10.1080/14620316.2007.11512286
39. Guru, T., Thatikunta, R., & Reddy, N. (2015). Crop nutrition management with nano fertilizers. *International Journal of Environmental Science and Technology, 1*, 4-6.
40. Hasani, M., Zamani, Z., Savaghebi, G., & Sheikh Sofla, H. (2016). Effect of foliar and soil application of urea on leaf nutrients concentrations, yield and fruit quality of pomegranate. *Journal of Plant Nutrition, 39*, 749–755.
41. Hegazi, E.S., Mohamed, S.M., El-Sonbaty, M.R., Abd El-Naby, S.K.M., & El-Sharony, T.F. (2011). Effect of potassium nitrate on vegetative growth, nutritional status, yield and fruit quality of olive cv. Picual. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants, 3*, 252-258.
42. Holmes, M.R.J., & Bennett, D. (1979). Effect of nitrogen fertilizer on the fatty acid composition of oil from low erucic acid rape varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 30*, 264-266.
43. Inglese, P., & Gullo, G. (2000). Fruit growth and oil quality in relation to foliar nutrition and time of application in olive tree [*Olea europaea* L-Calabria]. *Atti V Giornate Scientifiche SOI, 2*, 567–568.
44. Inglesias, D.J., liso, L.L., Tadeo, F.R., & Talon, M. (2002). Regulation of photosynthesis through source: sink imbalance in citrus is mediated by carbohydrate content in leaves. *Plant Physiology, 116*, 563-572.
45. International Olive Oil Council (IOOC). (2011). Guide for the determination of the characteristics of Oil Olives. *International Olive Oil Council* COI/OH/Doc. No 1.

46. Irigoyen, J., Einerich, D., & Sánchez-Díaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativd*) plants. *Physiology Plant*, *84*, 55-60. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1992.tb08764.x
47. Kumar, M., Dwivedi, R., Anand, A.K., & Kumar, A. (2014). Effect of nutrient on physicochemical characteristics of phalsa (*Grewia subinaequalis* D.C.) fruits. *Journal of Bioscience and Biotechnology*, *3*, 320–323.
48. Lee, Y.J, Yang, C.M., Chang, K.W., & Shen, Y. (2011). Effects of nitrogen status on leaf anatomy, chlorophyll content and canopy reflectance of paddy rice. *Botanical Studies*, *52*, 295–303.
49. Mailer, R., & Beckingham, C. (2006). Testing olive oil quality: chemical and sensory methods. *Primefact P*, *231*, 1-5.
50. Marschner, P. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. 3rd ed, p. 651. Academic Press. Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/C2009-0-63043-9
51. Mastronardi, E., Tsae, P., Zhang, X., Monreal, C., & DeRosa, M.C. (2015). Strategic role of nanotechnology in fertilizers: potential and limitations. Nanotechnologies in food and agriculture. Rai, M., N. Duran, C. Ribeiro, L. Mattoso. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. Springer International Publishing Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14024-7_2
52. Masumi, S.A., & Arzani, K. (1998). Study of pollination and determine the best inseminator of olive Roghani Mahalli roudbar cultivars. *Journal of Seed and Plant*, *14*, 20-29.
53. Minguez-Mosquera, M.I., Rejano L., Gandul B., Sanchez, A.H., & Garrido, J. (1991). Color pigment correlation in virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *68*, 322–337.
54. Mitre, I., Mitre V., Sestras, A.F., & Sestras, R.E. (2012). Effects of fall applications of urea in order to improve fruit sizes, weight and buds cold hardiness in sweet cherry. *Bull Univ Agr Sci Vet Med Cluj-Napoca Horticulture*, *69*, 248-253.
55. Monreal, C.M. (2010). Nanofertilizers for increased N and P use efficiencies by crops. p. 12-13. In summary of information currently provided to MRI concerning applications for Round 5 of the Ontario Research Fund-Research Excellence program.
56. Naderi, M., Danesh Shahraki, A.A., & Naderi, R. (2011). Application of nanotechnology in the optimization of formulation of chemical fertilizers. *Iran Journal Nanotechnology*, *12*, 16–23.
57. Nazaran, M.H. (2012). *Chelate compounds*. US Patent 8, 288.
58.Nestby, R., Lieten, F., Pivot, D., Lacroix, C.R., & Tagliavini, M. (2005). Influence of mineral nutrients on strawberry fruit quality and their accumulation in plant organs: *Acta Horticulturae*, *5*, 139-156. https://doi.org/10.1300/J492v05n01_13
59. Netto, A.T., Campostrini, E., de Oliveira, J.G., & Bressan-Smith, R.E. (2005). Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. *Scientia Horticulturae*, *104*, 199-209. https://doi.com/10.1016/j.scienta.2004.08.013
60. Norozi, M.M., ValizadehKaji, B., Karimi, R., & NikoogoftarSedghi, M.A. (2019). Effects of foliar application of potassium and zinc on pistachio (*Pistacia vera* L.) fruit yield. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, *6*, 113-123. https://doi.org/10.22059/ijhst.2019.278757.286
61. Owen, R.W., Mier, W., Giacosa, A., Hull, W. E., Spiegelhalder, B., & Bartsch, H. (2000). Phenolic compounds and squalene in olive oils: the concentration and antioxidant potential of total phenols, simple phenols secoiridoids, lignansand squalene. *Journal of Food and chemical Toxicology*, *38*, 647-659.
62. Ramezanian, A., Rahemi, M., & Vazifehshenas, M.R. (2009). Effect of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*, *121*, 171–175. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.01.039
63. Ramezani, S., & Shekafandeh, A. (2011). Influence of Zn and K sprays on fruit and pulp growth in olive (*Olea europaea* L. cv. 'Amygdalifolia'). *Iran Agricultural Research*, *30*, 1-10. https://doi.org/10.22099/iar.2012.489
64. Rashidi, S. (2012). *Nano fertilizers in the environment*, First National Conference on Nanotechnology and its Application in Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. (In Persian)
65. Rohi Vishekaii, Z., Soleimani, A., Fallahi, E., Ghasemnezhad, M., & Hasani, A. (2019a). The impact of foliar application of boron nano-chelated fertilizer and boric acid on fruit yield, oil content, and quality attributes in olive (*Olea europaea* L.). *Scientia Horticulturae*, *257*, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108689
66. Rohi Vishekaii, Z., Soleimani, A., Ghasemnezhad, M., & Hasani, A. (2019b). The feasibility for replacement of urea with nitrogen nano-chelated fertilizer in olive (*Olea europaea* L.) orchards. *Iranian Journal of Plant Physiology*, *10*, 3047-3058. https://doi.org/10.30495/ijpp.2019.670790
67. Rohi Vishekaii, Z., Soleimani, A., Hasani, A., Ghasemnezhad, M., Rezaei, K., & Kalanaky, S. (2021). Nano-Chelated nitrogen fertilizer as a new replacement for urea to improve olive oil quality. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, *8*(2), 191-201. https://doi.org/10.22059/ijhst.2020.295041.332

68. Rohi Vishekaii, Z., Soleimani, A., Fallahi, E., Hasani, A., & Ghasemnezhad, M. (2022). Response of olive (*Olea europaea* L.) trees to foliar spray of nano chelated and chemical potassium fertilizers. *Journal of Plant Nutririon, 46*, 1-13. https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2072740
69. Saadati, S., Moallemia, N., Mortazavia, S.M.H., & Seyyednejad, S.M. (2013). Effects of zinc and boron foliar application on soluble carbohydrate and oil contents of three olive cultivars during fruit ripening. *Scientia Horticulturae 164*, 30–34. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.08.033
70. Sarrwy, S.M.A., Mohamed, E.A., & Hassan, H.S.A. (2010). Effect of foliar sprays with potassium nitrate and mono-potassium phosphate on leaf mineral contents, fruit set, yield and fruit quality of Picual olive trees grown under sandy soil conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 8*, 420–430.
71. Scott, N., & Chen, H. (2003). Nanoscale science andengineering for agriculture and food systems. A Report Submitted to Cooperative State Research, Education, and Extension Service, theUSDA. National.
72. Shereen, A., Shaheen, A.EL., Taweel, A., & Al-khateb, A. (2011). Effect of using olive vetation water on growth, flowering and yield of manzanillo olive trees. *Journal of American Science, 7*, 501-510.
73. Singleton, V.L., & Rossi, J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture, 16*, 144-158.
74. Tekaya, M., Mechri, B., Bchir, A., Attia, F., Cheheb, H., Daassa, M., & Hammami, M. (2013). Enhancement of antioxidants in olive oil by foliar fertilization of olive trees. *Journal of the American Oil Chemists' Society, 90*, 1377–1386. https://doi.org/10.1007/s11746-013-2286-0
75. Thanaa, Sh., Mahmoud, M., Enaam, Sh., Mohamed, A., & El-Sharony, T.F. (2017). Influence of foliar application with potassium and magnesium on growth, yield and oil quality of "Koroneiki" olive trees. *American Journal of Food Technology, 12*, 209-220. https://doi.org/10.3923/ajft.2017.209.220
76. Toplu, C., Önder, D., Önder, S., & Yıldız, E. (2009). Determination of fruit and oilcharacteristics of olive (*Olea europaea* L. cv. Gemlik) in different irrigation andfertilization regimes. *African Journal of Agricultural Research, 4*, 649–658.
77. Tura, D., Gigliotti, C., Pedo, S., Failla, O., Bassi, D., & Serraiocco, A. (2007). Influence of cultivar and site of cultivation on levels of lipophilic and hydrophilic antioxidants in virgin olive oils (*Olea europea* L.) and correlations with oxidative stability. *Scientia Horticulturae, 112*, 108–119. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.036
78. Walinga, I., Van Vark, W., Houba, V., & van der Lee, J. (1989). *Soil and plant analysis*: part 7- plant analysis procedures. Wageningen Agricultural University, Wageningen.
79. Zhong, Y. (2005). Lipid oxidation: measurement methods. In: Shahidi F. editors. *Bailey's industrial oil products*. Edible Oil and Fat Products: Chemistry, Properties, and Health Effects. 6th ed. vol 1. Wiley-Interscience 3616 -78.